

旅游者对海洋环境影响的建模与仿真^{*}

叶鹏,王凤霞

(海南大学旅游学院 海口 570228)

摘要:我国沿海地区海洋旅游快速发展,被开发进行海洋旅游活动的海岸带及周边的海岛和海域都面临着海洋生态环境问题。为了更为深入地探究旅游给海洋生态环境带来的影响,在梳理了现有的海洋旅游环境的相关文献后,以复杂适应系统理论为基础,利用多 Agent 系统建模方法构建了一种有旅游者参与的海洋环境系统。该模型力求保留海洋环境系统的一般特性,再现海洋生态环境在受到旅游行为影响后发生的变迁。再利用 StarLogo 仿真平台对此模型进行仿真,通过调整各类参数模仿不同的旅游行为,对仿真结果进行了分析,还对进一步的研究提出了建议。

关键词:海洋旅游环境;旅游者;复杂适应系统;多 Agent 系统建模;StarLogo 仿真平台

中图分类号:TP18;TP391.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-9857(2015)01-108-05

复杂适应系统 (complex adaptive system, CAS)由美国计算机科学家霍兰德(J·Holland)教授提出。复杂适应系统理论是建立在“适应性造就复杂性”这一基本观点的基础上,在系统中存在的各成员被称为“具有适应性的主体”(Adaptive Agent),为了使自己更好地生存发展,每个主体必须有良好的适应性^[1]。主体只有不断地与其他主体进行交互,并运用知识和经验改变自身的结构及行为方式,才能不断进化成更优的主体以适应环境,同时环境因为个体的变化也在不断的演变^[2]。

海洋环境是一个复杂的系统,它由众多的相互之间进行着交互作用的种群组成,并且这些种群还构成了具有层次结构的系统。旅游活动的加入让原本的海洋环境更加复杂,海洋环境的演化受到了来自人类旅游活动的影响。这样的系统具有自主性、适应性、异步并发等特性,符合CAS的特征。因此可以将有旅游者参与的海洋旅游环境视作随时间推移不断演变的CAS。

目前,对CAS进行研究的一种有效方法是基于多Agent系统(multi-Agent system, MAS)的建模仿真方法^[3]。利用MAS建模仿真的方法分析海洋旅游环境的演化会提升问题分析的智

能性和问题求解的能力。本文将基于MAS,对有旅游者参与的海洋环境系统进行建模,再利用多Agent仿真平台StarLogo进行仿真实验,并对仿真结果进行分析。

1 对于海洋旅游环境的研究现状

目前针对海洋旅游环境的研究主要涉及海洋旅游的可持续发展、海洋旅游环境容量测算和海洋旅游环境承载力评价这几个方面^[4]。臧传芹^[5]总结了秦皇岛海洋旅游可持续发展自身具备的优势和面临的主要问题,并在此基础上提出了可持续发展的建议与对策。黄剑坚等^[6]总结了传统的旅游环境容量计算方法与这些方法的缺陷,并选择了合适的方法分析了广东特呈岛国家级海洋公园旅游环境容量。刘佳等^[7]构建了滨海旅游环境承载力的评价体系,运用物元评价模型和灰色预测模型,对山东半岛蓝色经济区滨海旅游环境承载力水平进行量化测度与系统分析。通过对现有的文献梳理可以发现,如今针对海洋旅游环境的研究方法种类较少且模式化,基本沿袭了分析和评价某地的海洋旅游资源,总结出发展海洋旅游的优劣势,再据此提出发展对策和建议这样一种模式。

^{*} 基金项目:国家软科学项目(2013GXS4D140);海南省自然科学基金(413122)。

而且定性分析的文章较多,定量分析的文章较少。本文将 MAS 的建模仿真方法应用于海洋旅游环境研究,是在现有研究方法上的创新,希望借助这样一种定量分析更加准确地描述旅游与海洋环境之间的关系,同时实现海洋旅游环境演化过程的可视化。

2 多 Agent 系统与多 Agent 仿真平台 StarLogo 概述

2.1 Agent 的概念及特征

Agent 是一个计算实体,并且具有一定的生命周期^[8]。与其他的实体相比,Agent 能够感知它所处环境的变化并能够适应环境的变化,然后通过自主运行进一步影响环境,甚至改变所在的环境。一般来说,Agent 包含知识、目标和能力 3 个方面要素。知识是指 Agent 对它所处环境或需要求解的问题的描述;目标是指 Agent 所采取的一切行为都是面向目标的;能力是指 Agent 具有控制、推理和决策的能力^[9]。

2.2 多 Agent 系统

多 Agent 系统是指由两个或两个以上具有不同功能的 Agent 组成的系统,其中系统中的各 Agent 之间可以进行交互通信与协商合作,通过它们的相互作用解决单个 Agent 无法解决的问题^[10]。

2.3 多 Agent 仿真平台 StarLogo

StarLogo 是由麻省理工大学(MIT)多媒体实验室开发的基于主体(Agent)的建模方法^[11]。StarLogo 以软件的方式描述了主体以及主体与环境、主体与主体之间的交互过程,从而可以研究由多个主体组成的复杂适应系统的运行机制。StarLogo 的目的就是通过提供一种简单、直观的建模仿真工具,从一种新的视角帮助人们分析和理解复杂适应系统^[12]。在 StarLogo 仿真平台中存在 3 种角色,分别是海龟(turtles)、点(patches)和观察者(observer)。用户通过设定这些角色来构建复杂系统,模拟现实世界的各种复杂现象。

3 基于 MAS 的海洋旅游环境系统建模

3.1 海洋旅游环境系统多 Agent 模型

在对多 Agent 系统进行建模时,首先需要研究的复杂适应系统的全局行为进行深刻理解,

确定需要仿真的目标。然后对复杂适应系统的整体行为进行抽象化,并不断细化复杂适应系统的整体行为表达方式。至此,再判断被抽象的整体行为是否符合要求,若不符合,则降低抽象层次,同时增加局部细节;若符合要求,则利用 MAS 理论进行建模^[13]。

本文仅针对旅游者的海洋旅游行为对海洋生态环境的影响进行分析。构建的模型包含有海洋环境 Agent、旅游者 Agent 与生态恢复 Agent,构造了一个海洋环境系统的局部二维环境。其中:海洋环境 Agent 为一个全局的 Agent,它模拟了作为旅游目的地的海洋生态环境;旅游者 Agent 模拟了旅游者的行为;生态恢复 Agent 则是针对旅游者 Agent 对海洋生态环境造成的破坏进行不同程度的恢复,恢复海洋生态环境。

3.2 各类 Agent 建模

3.2.1 海洋环境 Agent

海洋环境 Agent 分为海岛与海洋,用不同的颜色加以区分。海洋 Agent 通过颜色的深浅来表示海洋污染程度的高低。

海洋环境 Agent 的静态属性有环境指数、位置、运营天数、总污染指数和历史最高总污染指数。其中,环境指数反映该片海域受污染的程度,环境指数会受到旅游者 Agent 与生态恢复 Agent 的影响上升或降低。

海洋环境 Agent 的行为:变色。海洋环境 Agent 的区域会根据海洋环境指数的高低来标记每个区域的颜色。

3.2.2 旅游者 Agent

旅游者 Agent 模拟了旅游者行为活动。在旅游时间内,旅游者 Agent 在海洋环境 Agent 范围内运动,并会对海洋环境 Agent 产生不同程度的污染。在旅游时间结束后,旅游者 Agent 退出,代表了一次旅游结束。

旅游者 Agent 的静态属性包括颜色、形状和旅游时间。

旅游者 Agent 的行为:① 旅游者产生。② 旅游活动。旅游者在旅游时间还有剩余的情况下进行活动,每次运动的方向和距离为随机变量。③ 污染行为。旅游者 Agent 在到达的地方都会对海洋环境 Agent 产生污染,通过改变环境

指数来表示。④ 旅游结束。

3.2.3 生态恢复 Agent

本模型定义了两种生态恢复 Agent, 分别是海洋自净 Agent 与人工恢复 Agent。海洋自净 Agent 表示海洋环境在自然状态下自我修复的能力以降低海洋环境 Agent 的环境指数。人工恢复 Agent 则表示人类开展的环境保护行为对海洋生态环境的恢复。

海洋自净 Agent 的行为:降解污染。海洋环境 Agent 的环境指数经过一段时间会有一定程度的下降。

人工恢复 Agent 的静态属性有形状, 这是为了在外观形态上将人工恢复 Agent 与旅游者 Agent 区分开, 方便之后在仿真实验中观察。

人工恢复 Agent 的行为:① 搜寻活动。人工恢复 Agent 会在海洋环境 Agent 范围内不断运动, 每次运动的方向和距离为随机变量。② 污染清理。人工恢复 Agent 搜寻到污染区域后, 会对污染区域进行生态恢复, 降低海洋环境 Agent 的环境指数。

图 1 描述了旅游者对海洋环境影响的 MAS 模型框架。

4 基于 MAS 的海洋旅游环境系统仿真与分析

本文在利用 StarLogo 仿真平台对本模型进

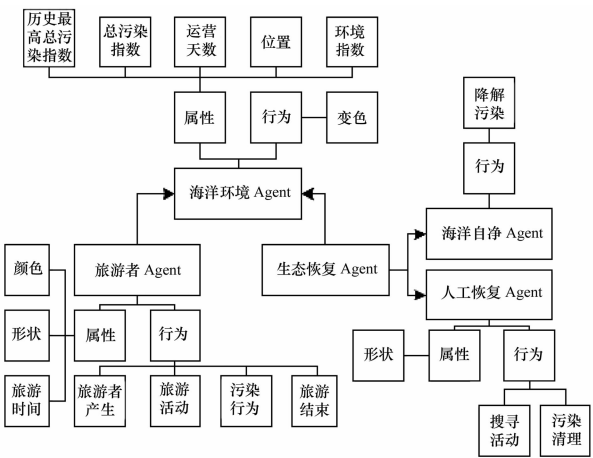


图 1 MAS 模型框架

行仿真时, 具体的形状、颜色和参数设置如下: 海洋环境 Agent 方面, 棕色矩形 Patch 代表海岛, 蓝色矩形 Patch 代表海洋, 颜色较深的海洋表示污染程度相对较低。环境指数区间为 $[0, 100]$, 在初始状态下为 0。旅游者 Agent 方面, 用不同颜色的人形 Turtle 表示, 本文仅讨论 4 种旅游者, 分别是: 短期环保旅游者、短期破坏旅游者、长期环保旅游者和长期破坏旅游者。每天产生的旅游者总数为 10。生态恢复 Agent 方面, 海洋自净 Agent 帮助海洋环境 Agent 的恢复速率为每 1 天下降 1 个环境指数。人工恢复 Agent 则用 enzyme—shape 形状表示。各类旅游者和人工恢复者的具体形状、颜色和行为规范参见表 1。

表 1 不同种类旅行者与人工恢复者仿真说明

主体	形状	颜色	行为规范
短期环保旅游者	person-shape	lime	每次移动 8 步以内的随机数, 方向任意, 对到达区域造成 5 个环境指数的污染, 每移动 2 次代表旅游 1 d, 共旅游 3 d
短期破坏旅游者	person-shape	yellow	每次移动 8 步以内的随机数, 方向任意, 对到达区域造成 15 个环境指数的污染, 每移动 2 次代表旅游 1 d, 共旅游 3 d
长期环保旅游者	person-shape	magenta	每次移动 8 步以内的随机数, 方向任意, 对到达区域造成 5 个环境指数的污染, 每移动 2 次代表旅游 1 d, 共旅游 5 d
长期破坏旅游者	person-shape	orange	每次移动 8 步以内的随机数, 方向任意, 对到达区域造成 15 个环境指数的污染, 每移动 2 次代表旅游 1 d, 共旅游 5 d
人工恢复者	enzyme-shape		每次移动 5 步, 方向任意, 将到达区域的环境指数设为 0

4.1 仿真 1

4.1.1 各类旅游者都存在的系统模型

此次实验计划运营天数为 500 d, 设置两座

海岛, 海岛 1 为该区域旅游集散地, 旅游者 Agent 产生于海岛 1。海岛 2 是一项旅游景点, 两座海岛间有轮船通航, 但是由于行程安排, 只有长期

旅游者才会登陆海岛 2 进行游览。遵循这些行为规则进行仿真实验 1。

4.1.2 仿真 1 结果

StarLogo 仿真平台的实验结果显示,海洋污染的分布具有很强的地域性:① 近海区域污染更为严重。海岛 1 周边的海洋颜色都几乎被标为了白色,而距离海岛越远,蓝色逐渐加深。② 海岛 1 与海岛 2 之间的航道污染严重。③ 海岛 2 周边的环境污染与海岛 1 相比较低。海岛 2 周边污染范围和污染程度都不及海岛 1。

系统的实时数据也反映出当时的海洋环境污染程度,本文选取 4 个时间节点数据做了记录(表 2)。

表 2 仿真 1 实时数据

运营天数	实时旅游人数	总污染指数	历史最高总污染指数
50	60	11 946	12 108
100	62	12 196	12 627
300	63	13 240	16 123
500	56	15 756	16 123

4.1.3 仿真 1 结果分析

纵观这一演化过程,可以将海洋污染地域性的原因总结为旅游者分布与海洋环境污染分布的高度相关。海滩及近海区域旅游者方便抵达,安全性高且游览项目较多,旅游者会花费更长的旅游时间,所以旅游者分布众多,也造成了近海区域海洋生态环境的污染程度较重。航道的严重污染是由于海岛 1 上的旅游者前往海岛 2 都需要搭乘轮船通过这条航道,这条航道也因此成为旅游者的密集分布区域,大量旅游者流动与交通工具使用造成海洋环境污染。两座海岛的污染程度差异是因为海岛 2 的旅游人数不及海岛 1 且在海岛 2 上花费的旅游时间也较短。

再根据 4 个统计时间点上的实时数据,可以知晓:在仿真 1 刚刚开始阶段,该片区域的总污染指数迅速上升,而随着时间的推移,该片区域的总污染指数上升速度明显减缓,呈一种震荡缓慢上升的趋势。这 4 个时间点上的历史最高总污染指数都要比同期的实时总污染指数高,这表明总污染指数不是持续上升的,上升期间会存在波动。并且前 300 d 与前 500 d 的历史最高总污染指数相同,这表明这个历史极值出现在第 100 d 至第 300 d 之间,所以该片区域的污染程度将会随着时间推移震荡缓慢上升,最终稳定在一个的范围内。

4.2 仿真 2

4.2.1 各类旅游者对海洋环境污染的探讨

仿真 2 在各类 Agent 的属性和行为规则上都与仿真 1 保持一致,只是将模型中设计的 4 类旅游者分开进行实验,对这 4 种旅游者的旅游行为造成的海洋生态环境污染进行对比分析。此次实验计划运营天数为 300 d,分别用 a、b、c、d 表示只有短期环保旅游者、短期破坏旅游者、长期环保旅游者和长期破坏旅游者存在的系统运行结果。

4.2.2 仿真 2 结果

仿真 2 结果 a 中,实时总污染指数为 4364,历史最高总污染指数为 4863,海洋污染分布在海岛 1 周边,污染范围较小且污染程度较低。b 中两项指数分别为 18159、19837,海洋污染范围和污染程度都有很明显的增加。c 中两项指数分别为 5785、6526,海洋污染程度较低,但是污染范围扩张至海岛 2。d 中两项指数分别为 21916、23497,在海岛 1、海岛 2 以及两座海岛之间的航道都出现了大范围污染并且污染程度严重。具体实时数据和结果详见表 3。

表 3 仿真 2 实时数据与结果

游客类型	实时旅游人数/人	总污染指数	历史最高总污染指数	海洋污染程度	海洋污染范围
短期环保旅游者	50	4364	4863	低	海岛 1 周边
短期破坏旅游者	50	18159	19837	高	海岛 1 周边
长期环保旅游者	80	5785	6526	低	海岛 1、2 周边
长期破坏旅游者	80	21916	23497	高	海岛 1、2 周边,航道

4.2.3 仿真 2 结果分析

通过仿真结果可以总结出:旅游时间相对较多的旅游者对海洋旅游环境的破坏相对更加严重,但与此相比,旅游者的环保意识对海洋环境的影响更为显著。对比 a 和 c 的指数、b 和 d 的指数,这是同为环保型旅游者或同为破坏型旅游者,只在旅游时间上存在差异,它们之间在两项污染指数上差距不明显。再对比 a 和 b 的指数、c 和 d 的指数,旅游天数相同但不是同一类型的旅游者,这样在两项污染指数上差距非常大,这与仿真结果呈现出的污染程度与范围也非常符合。

5 结论

我国是世界上的海洋大国,海洋旅游的发展顺应了时代的潮流。要实现海洋旅游的可持续发展,对海洋环境的利用就必须是非消耗性的,即海洋环境上可承受。本文基于 CAS 理论,利用 MAS 的建模方法,通过各类 Agent 的属性与行为之间的信息反馈来实现旅游者对海洋生态环境的影响,建立了一个简单的有旅游者参与的海洋环境系统。然后在 StarLogo 平台上进行了仿真实验,实现了旅游活动影响下海洋环境演化

过程的可视化。这与之之前的旅游学科研究方法相比有很大的创新,是一个很有意义的尝试。本模型易于扩展,可以根据实验需要改变各 Agent 的行为和参数,模拟出不同的旅游行为和海洋环境。

但本模型在设计和仿真上还存在有不足:首先,在旅游者的分类上本文只设定了 4 类旅游者,在现实生活中旅游者种类会更加的丰富,在旅游行为上也会更加复杂;其次,在模型中各类主体的行为规则是在设计之初就确定的,主体都不能自行改变这些确定的行为规则,而在现实旅游活动中旅游者会受到当时具体环境的影响而产生一些即兴的行为;再次,本模型也没有考虑到风向、洋流等自然因素对海洋污染物扩散和降解的影响。因此在后续研究中,希望可以在本模型中加入更多的 Agent,丰富完善本模型,也可以考虑选择使用 Swarm 等大型 CAS 模拟软件,让模型的模拟仿真结果更接近现实的海洋旅游环境,为海洋旅游的开发和海洋环境的保护提供有益的参考。

参考文献

- [1] 廖守亿,戴金海. 复杂适应系统及基于 Agent 的建模与仿真方法[J]. 系统仿真学报,2004(1):113—117.
- [2] 倪建军,徐立中,王建颖. 基于 CAS 理论的多 Agent 建模仿真方法研究进展[J]. 计算机工程与科学,2006(5):83—86.
- [3] 程国建,颜宇甲,强新建,等. 基于多 Agent 的生态复杂适应系统建模和仿真[J]. 西安石油大学学报:自然科学版,2011(2):111—115.
- [4] 陈娟,杨敏. 中国海洋旅游研究现状与发展趋势[J]. 经济问题,2009(12):115—117.
- [5] 臧传芹. 秦皇岛海洋旅游可持续发展研究[J]. 科技信息,2012(22):48—50.
- [6] 黄剑坚,刘素青,韩维栋,等. 广东特呈岛国家级海洋公园旅游环境容量分析[J]. 防护林科技,2010(4):76—78.
- [7] 刘佳,于水仙,王佳. 滨海旅游环境承载力评价与量化测度研究:以山东半岛蓝色经济区为例[J]. 中国人口·资源与环境,2012,(9):165—172.
- [8] 陈莉,陈晓云,胡山立等. 基于情感组织 Agent 的联盟形成研究[J]. 广西师范大学学报:自然科学版,2008,(1):154—157.
- [9] 郑浩然,刘俊,纽俊清. 基于多 Agent 技术的生化网络仿真平台的实现[J]. 计算机工程,2006(10):274—276.
- [10] 柳海龙. WSN 技术在多 Agent 系统中的应用[D]. 济南:山东建筑大学,2010.
- [11] 游文霞,王先甲. StarLogo 在基于 agent 复杂系统建模与仿真中的应用[J]. 武汉大学学报:工学版,2006(3):93—98.
- [12] 夏永红. Starlogo 对 Wiki 演化过程模拟探析[J]. 图书情报知识,2008(3):25—29.
- [13] 刘康. 基于多 Agent 的复杂适应系统建模仿真研究[D]. 长沙:中南大学,2011.